

Підсумкова модульна робота 1  
з предмету  
основи оптоелектроніки  
студента 3-го курсу МА  
Сердюк Павло Олександрович

1. Оптоелектроніка - розділ електроніки, що охоплює дослідження ефектів взаємодії електромагнітного поля оптичного діапазону і довжин хвиль з електронами в речовинах і методи створення оптоелектронних приладів і пристроїв, що використовують ці ефекти для генерації, передачі, прийому, обробки, запису, зберігання і відображення інформації

2. Оптоелектронний пристрій - це пристрій чутливий до електромагнітного випромінювання у ультрафіолетовій, видимій, інфрачервоній областях.

3. - високочастотності, гострі фокусування, спремованийість, розв'язка, візуалізація, просторова



модуляція.

4. мають бути компактними, мало споживати енергії, високий ККД.

5. - Джерела випромінювання (когерентні і некогерентні), волоконні світловоди, мультимиксори і демультимиксори, фотодіоди (фотодіоди, фоторезистори), модулятори, детектори, проєкторно-часові модулятори світла (керівні транспаранти)

6. Рівня Максвелла описують електричне та магнітне поле, створене зарядами й струмами.

$$\operatorname{rot} B = \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} j \quad \text{— закон Ампера, визначає магнітне поле.}$$

$$\operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t} \quad \text{— закон Фарадея, визначає електричне поле.}$$

$$\operatorname{div} B = 0 \quad \text{— теорема Гауса, не існує монополярних магнітних зарядів}$$

$$\operatorname{div} E = 4\pi \rho \quad \text{— рівняння Пуассона, повсюди електричних зарядів існує електричне поле.}$$



7. Описують поведінку середовища під впливом поля.

$$j = \sigma E$$

$$D = \epsilon E$$

$$B = \mu H$$

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

$$\epsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c^2}$$

8.

$$\mu_{12} \cdot (B^{(2)} - B^{(1)}) = 0$$

$$\mu_{12} \cdot (D^{(2)} - D^{(1)}) = \hat{\rho}$$

$$\mu_{12} \times (H^{(2)} - H^{(1)}) = \hat{j}$$

$$\mu_{12} \times (E^{(2)} - E^{(1)}) = 0$$

9. Рівняння яке описує розповсюдження хвиль у просторі.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{s^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

$x$  - просторова координата;

$t$  - час;  $s$  - фазова швидкість поширення хвилі

$u$  - невідома функція

$$10. N^2 = \epsilon_r \mu_r - i \mu_r \sigma / \omega \epsilon_0$$

$\epsilon_r$  - електрична проникність

$\mu_r$  - магнітна проникність



$\sigma$ -питомо. провідність.

$$10. \nabla^2 H - \epsilon \mu \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} - \sigma \mu \frac{\partial H}{\partial t} = 0$$

$$12. n^2 - k^2 = \epsilon_r \mu_r$$

$$2nk = \frac{\mu_r \sigma}{c \epsilon_0}$$

$n$ -коефіцієнт заломлення

$k$ -коефіцієнт поглинання

13. Плоска хвиля - хвиля, фронт якої має форму

площини

$$\vec{E}_0 e^{i(kx - \omega t)}$$

14. Поперечна хвиля - хвиля, яка поширюється в напрямку перпендикулярному до площини, в якій магнітне поле завжди перпендикулярне до електричного.

$$\nabla \times H = -i \frac{N}{c \mu} E$$

$$H = \frac{N}{c \mu} (\nabla \times H)$$

$H$  - магнітний вектор;

$E$  - електричний вектор;

$\nabla$  - вектор нормалі до

хвильового фронту хвилі, що задає напрям поширення хвилі.

$E, H, \nabla$  - права трійка векторів.



15. Швидкість поширення електромагнітних хвиль у вакуумі рівна швидкості світла. При переході хвиль з одного середовища в інше їх частота не змінюється. Вони поперетні.

16. Вектор кількості потоку енергії електромагнітного поля

$$S = E \times H$$

17. Коefіцієнт поглинання - кількісна характеристика зменшення інтенсивності випромінювання при проходженні через середовище.

$$K = \frac{4\pi k}{\lambda}, \quad k - \text{показник поглинання.}$$

18. Групова швидкість - це швидкість переміщення площин максимальної амплітуди.

$$v_{\text{груп}} = \frac{\omega}{k}$$

$$v_{\text{гр}} = v_{\text{ф}} + \frac{c\lambda}{n^2} \frac{dn}{d\lambda} - \text{дисперсійна формула}$$

Рівня, яка показує зв'язок між груповою



на фазово швидкості.

19. Класична теорія дисперсії зоря Лорентца основана на розв'язуванні рівняння для електричних зарядів, що знаходяться в кристалі та здійснюють вимушені коливання під дією змінного електричного поля електромагнітної хвилі.

Такими електричними зарядами  $E$ :

- зв'язані електрони;
- вільні електрони;
- заряди позитивних і негативних іонів.

2) Три розшиді взаємодії поля електромагнітної хвилі на зв'язані електрони атомів враховується їх гальмування.

3) Діелектрик розшидається як сукупність осциляторів, що вимушено коливаються під дією світлового поля.

4) Атом розшидається як гармонічний осцилятор з круговою частотою власних коливань.



5) Як осцилятор діє пружна сила, яка лінійно зростає зі збільшенням зміщення електрону з положення рівноваги.

20. Область, де показник заломлення  $n$  збільшується з зростом частоти називається областю нормальної дисперсії, а область, де навпаки, показник заломлення зменшується - областю аномальної дисперсії.

$$\epsilon_1 = n^2 - k^2 = 1 + \frac{(e^2 N / m \epsilon_0) (\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2}$$

$$\epsilon_2 = 2nk = \frac{(e^2 N / m \epsilon_0) \gamma \omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \gamma^2 \omega^2}$$

21. Інтегральний зв'язок між дійсною і уявною частиною будь-якої комплексної функції, аналітичної у верхній півплощині.

$$\epsilon = \epsilon_1 + i \epsilon_2$$

$$\epsilon_1(\omega) = 1 + \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\Omega \epsilon_2(\Omega)}{\Omega^2 - \omega^2} d\Omega$$

$$\epsilon_2(\omega) = -\frac{2\omega}{\pi} \int_0^\infty \frac{\epsilon_1(\Omega) - 1}{\Omega^2 - \omega^2} d\Omega$$



$$22. \quad \epsilon_1 = n^2 - k^2 = 1 + \frac{(e^2 N / m \epsilon_0)(\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + g^2 \omega^2}$$

$$\epsilon_2 = 2nk = \frac{(e^2 N / m \epsilon_0) mg}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + g^2 \omega^2}$$

$$23. \quad \epsilon_1 = n^2 - k^2 = 1 + \sum_i \frac{(e^2 N f_i / m \epsilon_0)(\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 g_i^2}$$

$$\epsilon_2 = 2nk = \sum_i \frac{(e^2 N f_i / m \epsilon_0) g_i \omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 g_i^2}$$

$$24. \quad \omega_p^2 = \frac{Ne^2}{m \cdot \epsilon_0} \quad - \text{плазмова частота}$$

25. При лінійзонному поширанні в каніпровіднику ми повинні врахувати за енергію порожнього стану  $E_i$  енергію валентної  $E_v$  зони, а за енергію кінцевого стану - енергію зони провідності  $E_c(k_e)$

$$k_v = k_e = k; \quad E_c - E_v = \hbar \omega; \quad m_r = \frac{m_e m_h}{m_e + m_h}; \quad k = \sqrt{2m_r(\hbar \omega - E_g)}$$

$$L(\omega) = P \cdot \omega \cdot (\hbar \omega - E_g)^{1/2} [F(E_c) - F(E_v)]$$

26. Невертикальні переходи відбуваються з початку

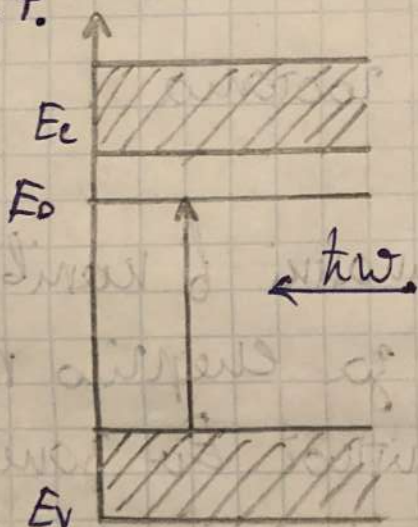


канцям або виснаженням граней. Такі переходи  
визначають поглинання, яке розташоване з  
довго-хвильового боку від границі власного погли-  
нання при певних переходах.

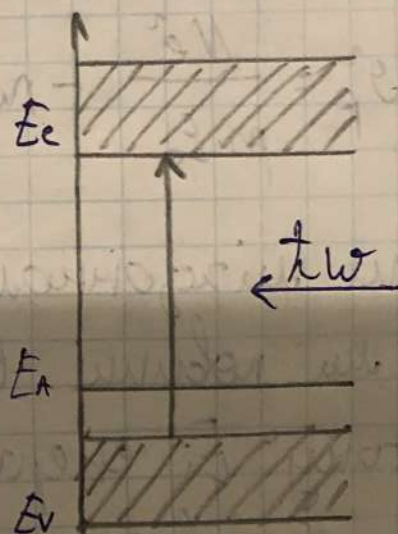
$$E' - E = \hbar\omega \pm E_{ph}, \quad E - \text{кінцева, початкова енергія}$$

$$L \sim N_g (\hbar\omega + E_{ph} - E_g)^2 + (N_g + 1) (\hbar\omega - E_{ph} - E_g)^2$$

27.



валентна зона -  
іонізований домішник



іонізований анион -  
зона провідності

28. Під дією електричного поля в напівпро-  
віднику відбувається нахил енергетичних  
зон. Тут нахилу пропорційний величині



электро статического поля. Мощное проявление  
эффекту туннелирования.

29. Дія магнітного поля призводить до того,  
що рух електронів в напрямку перпендикуляр-  
ному полю має квантовані мак, що закон дис-  
персії носіїв трансформується в квант вклада-  
них одна в одну парабол.

30. Якщо носії заряду рухаються під кутом до  
напрямку магнітного поля  $B$ , то його тра-  
єкторія буде являти собою спіраль, що навива-  
ється вздовж напрямку магнітного поля, а кру-  
гова частота аберації визначається циклотро-  
ною частотою.

$$\omega_c = \frac{eB}{m^*} \quad \omega_c = 56\pi \frac{m}{m^*} B, \text{ ГГц.}$$

Таким чином якщо електромагн. хвилю НВЧ  
діапазону, що поляризована під деяким кутом  
до напрямку  $B$  падає на зразок, вона поглина-  
ється найбільш ефективно на частоті. Це явище  
називається циклотронним резонансом.



31. Це матеріали з впорядкованою структурою, що характеризуються строго періодичною зміною показника заломлення в масштабах, співмірних з довжиною хвилі в видимому або ближньому ІЧ діапазонах.

32. Середовина, властивості якої стали коженіт площини, перпендикулярній до напрямку.

33.

$$\begin{bmatrix} E_a \\ H_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos S & (i \sin S) / \eta_1 \\ i \eta_1 \sin S & \cos S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_b \\ H_b \end{bmatrix}$$

Матриця розмірністю  $2 \times 2$ , в правій частині рівня називають характеристичною матрицею товщини півки.

34. Ясно визначити всю величину оптичної провідності всього ансамблю через

$$Y = H_a / E_a$$

Середовина із провідністю  $Y$



$$E_a \begin{bmatrix} 1 \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos S & (i \sin S) / \eta_1 \\ i \eta_1 \sin S & \cos S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \eta_s \end{bmatrix} E_b$$

$$Y = \frac{\eta_s \cos S + i \eta_1 \sin S}{\cos S + i (\eta_s / \eta_1) \sin S}$$

35. У цьому випадку характеристична матриця є просто добутком окремих характеристичних матриць розташованих в правильному порядку.

$$\begin{bmatrix} B \\ C \end{bmatrix} = \left( \prod_{r=1}^n \begin{bmatrix} \cos \delta_r & (i \sin \delta_r) / \eta_r \\ i \eta_r \sin \delta_r & \cos \delta_r \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} 1 \\ \eta_m \end{bmatrix}$$

36.

відбивання: 
$$R = \left( \frac{\eta_0 B - c}{\eta_0 B + c} \right) \left( \frac{\eta_0 B - c}{\eta_0 B + c} \right)^*$$

пропускання:

$$T = \frac{4 \eta_0 \operatorname{Re}(\eta_m)}{(\eta_0 B + c)(\eta_0 B + c)^*}$$



37.

$$I^{(i)} - RI^{(i)} + \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\chi_1^*(r-r^*)] E_{\text{tot}}^{(i)} E_{\text{tot}}^{(i)*} = TI^{(i)}$$

Падаючий пучок поширюється в світлі середовищі без поглинання

38. Будь-яка комбінація таких пучків ко-  
зивається симетричною, якщо одна з половин є  
дзеркальним відображенням іншої

39. Величину  $\gamma$  називають еквівалентною  
фазовою товщиною, а величину  $\eta_E$  - еквівалентною  
оптичною провідністю.

$$M_{12} = \frac{i \sin \gamma}{\eta_E} ; \quad M_{21} = i \eta_E \sin \gamma$$

$$M_{22} = \cos \gamma = M_{11}$$

40. Будучи прозорими для широкого спектру  
електромагнітного випромінювання, фотонні кри-  
стали не пропускають світло з довжинами  
хвилі співвісними з періодом ґратки. Ці  
спектрові діапазони називають забороненими



фотонными зонами.